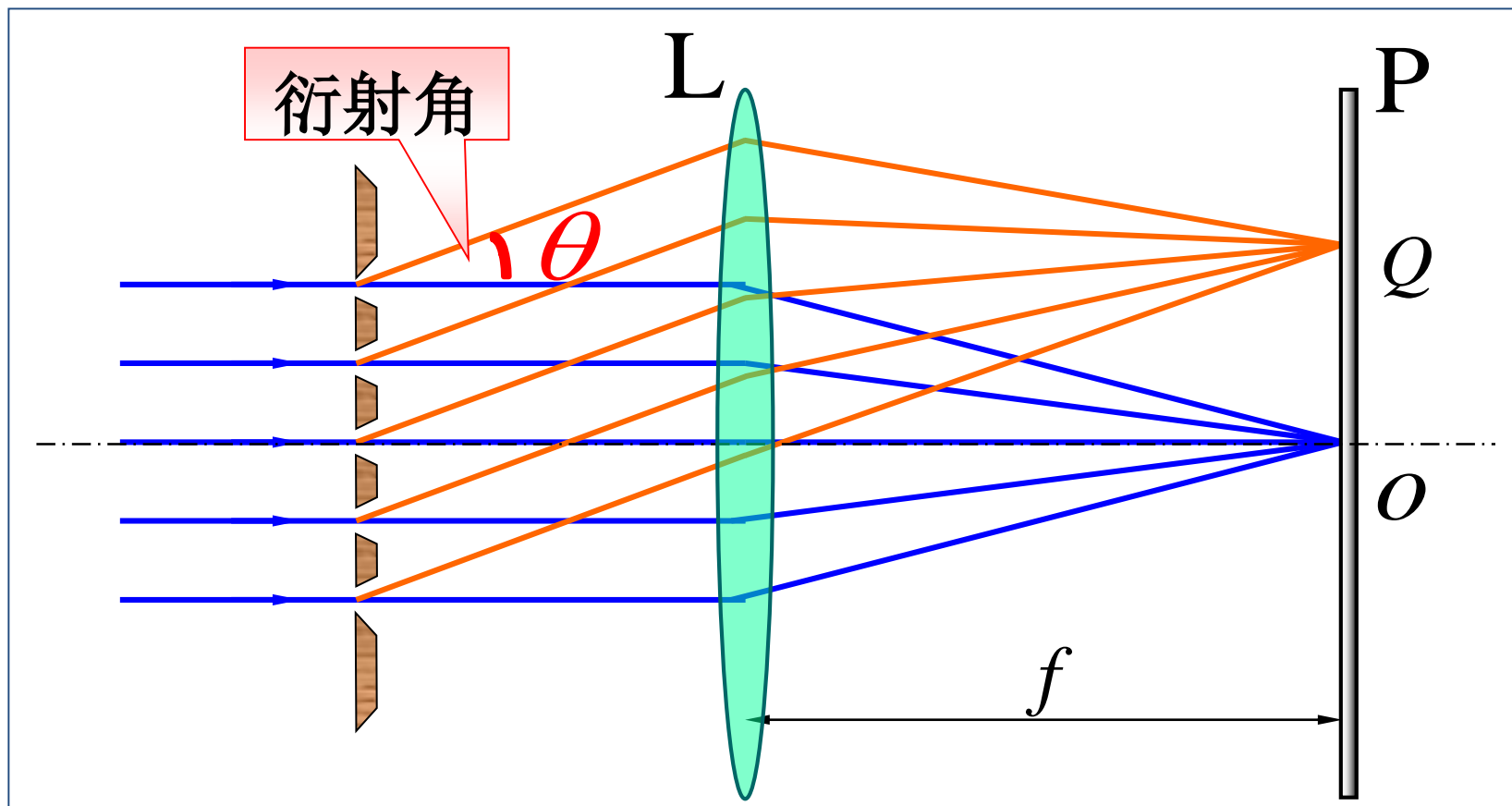




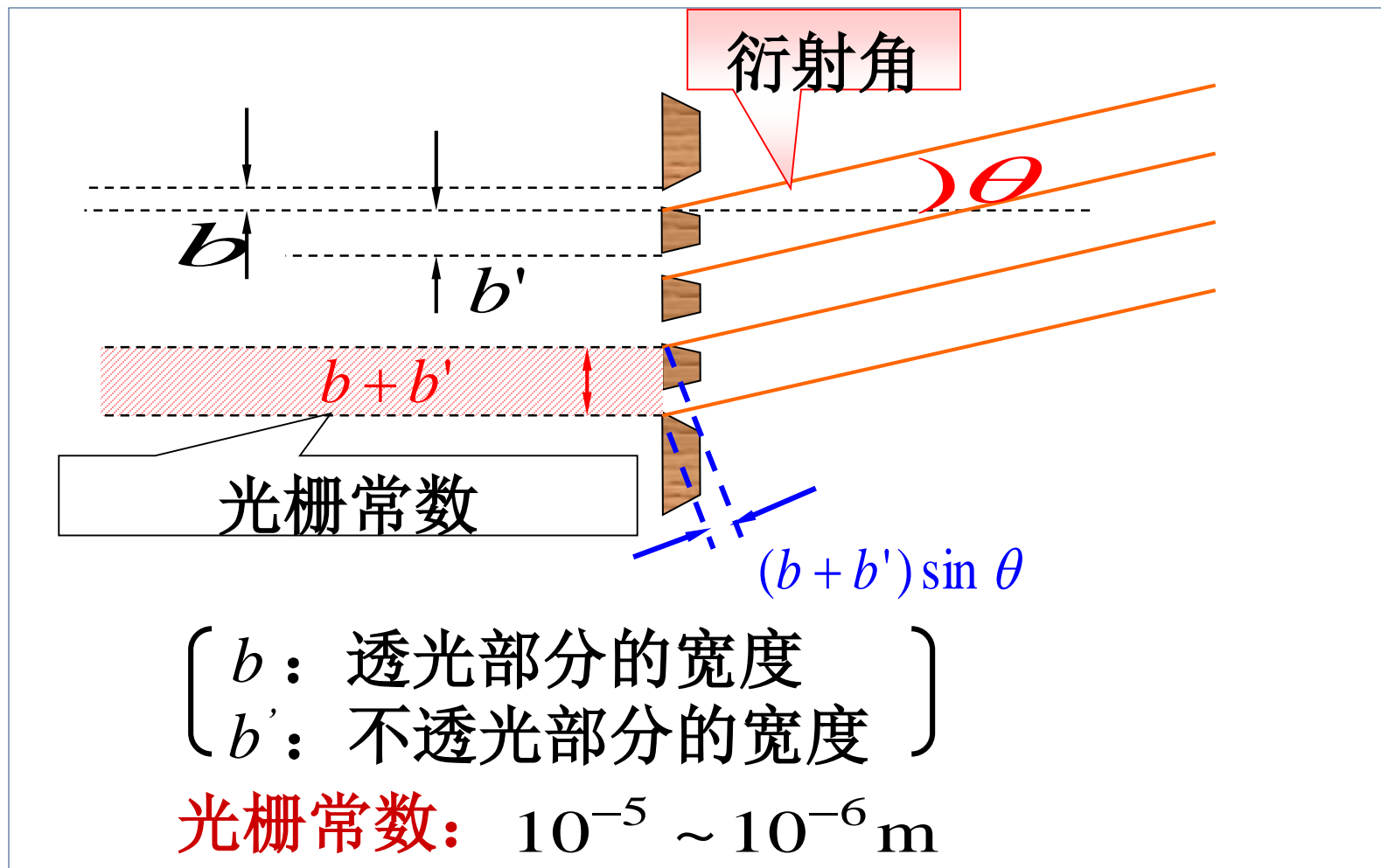
# 一 光栅

等宽度、等距离的狭缝排列起来的光学元件。





## 二 光栅衍射条纹的形成





光栅衍射是单缝衍射和缝间干涉的总效果

相邻两缝间的光程差:  $\Delta = (b + b') \sin \theta$

**明纹位置**

$$(b + b') \sin \theta = \pm k \lambda$$

$$(k = 0, 1, 2, \dots)$$

**讨 论**

$$(b + b') \sin \theta = \pm k \lambda \quad (k = 0, 1, 2, \cdots)$$

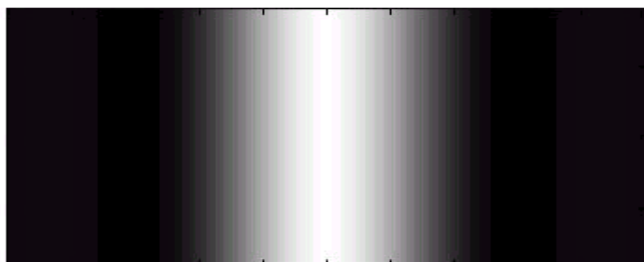
### ◆ 条纹最高级数

$$\sin \theta_k = \pm \frac{k \lambda}{b + b'}$$

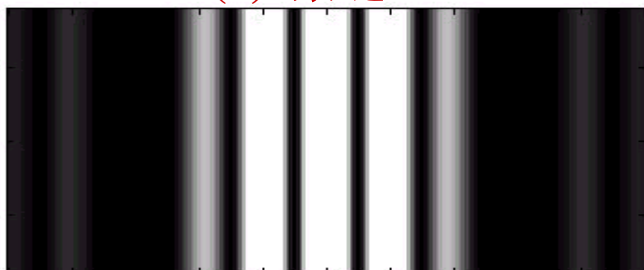
$$\theta = \pm \frac{\pi}{2}, \quad k = k_{\max} = \frac{b + b'}{\lambda}$$



◆ 光栅中狭缝条数越多，明纹越细.



(a)1条缝



(b)2条缝



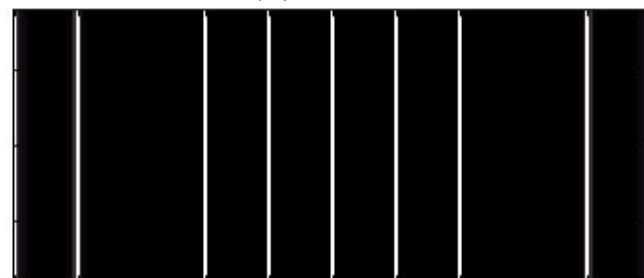
(c)3条缝



(d)5条缝



(e)6条缝



(f)20条缝



$$(b + b') \sin \theta = \pm k \lambda \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

$$\Delta k = 1, \quad \sin \theta_{k+1} - \sin \theta_k = \frac{\lambda}{b + b'}$$

◆ 光栅常数越小，明纹越窄，明纹间相隔越远.

$\lambda$  一定,  $b + b'$  减少,  $\theta_{k+1} - \theta_k$  增大.

◆ 入射光波长越大，明纹间相隔越远.

$b + b'$  一定,  $\lambda$  增大,  $\theta_{k+1} - \theta_k$  增大.



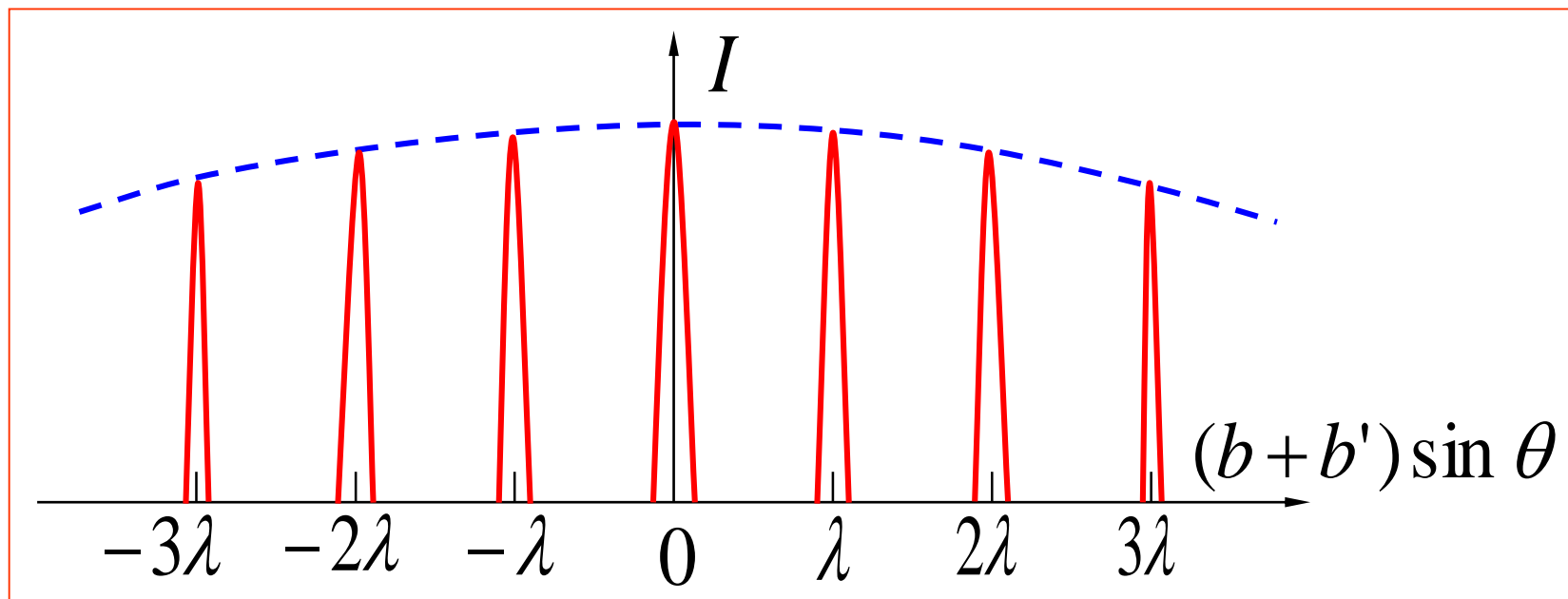
## 光强分布

$$\alpha = \frac{\pi b \sin \theta}{\lambda} \quad \beta = \frac{\pi(b + b') \sin \theta}{\lambda}$$

$$I_{\theta} = I_{10} \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \left( \frac{\sin N\beta}{\sin \beta} \right)^2$$

单缝衍射因子

多缝干涉因子



## ◆ 主明纹、暗纹与次明纹

( i ) 当  $\beta = k\pi (k = 0, \pm 1, \dots)$

$$A = NA_0 \text{ (主极大)}$$

(光的强度  $I \propto A^2$ )

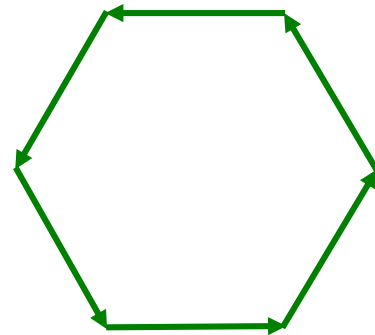

$$A = NA_0$$

( ii ) 若  $N\beta = k'\pi$  则  $A = 0$  (极小)

其中  $k' = 1, 2, 3, \dots, N-1, N+1, N+2, \dots$

且  $k' \neq N, 2N, 3N, \dots$

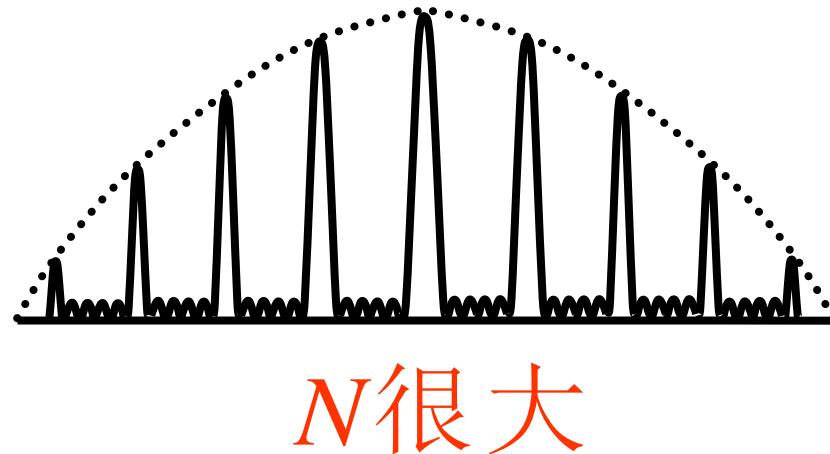
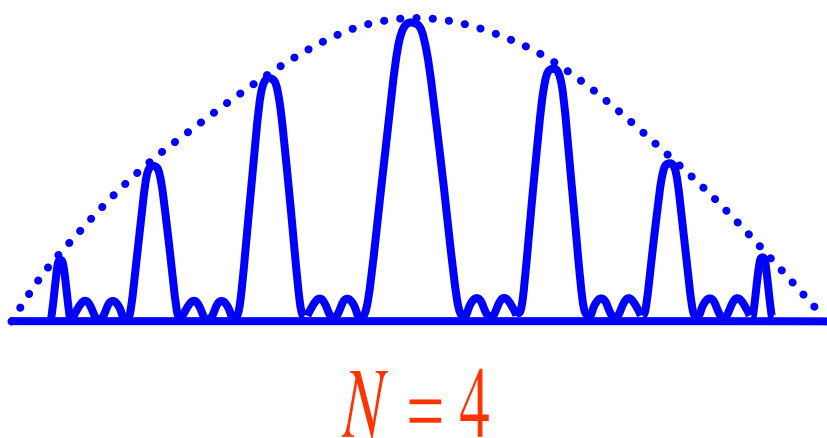
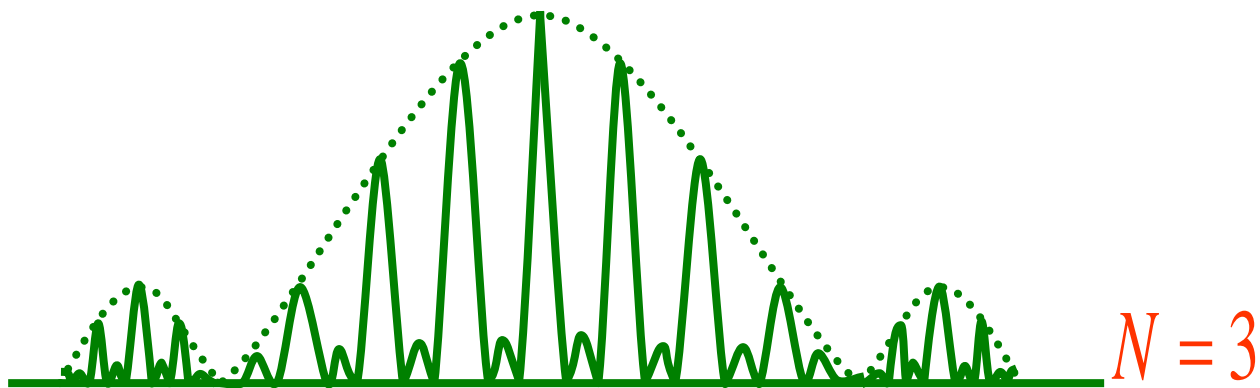
即在两个主极大  
间有  $N-1$  个极小



( iii ) 在  $N-1$  极小之间, 必有  $N-2$  个次极大



结论：在两个主极大（主明纹）  
间有 $N-1$ 个极小（暗纹）有 $N-2$   
个次极大（次明纹）



## ◆ 缺级现象与缺级条件

( i ) 条纹光强受单缝衍射的调制，与  $\theta$  有关

( ii ) 缺级现象

设衍射角  $\theta$  方向上有

$$(b + b') \sin \theta = \pm k \lambda \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (\text{明})$$

$$\text{同时有 } b \sin \theta = \pm k' \lambda \quad k' = 1, 2, 3 \quad (\text{暗})$$

其结果是：光栅衍射  $\theta$  方向为暗纹——光栅缺级现象

$$\text{缺级条件：} \frac{b + b'}{b} = \frac{k}{k'} \quad (\text{整数比})$$

则在  $k = k' \frac{b+b'}{b}$  处出现缺级 (整数)

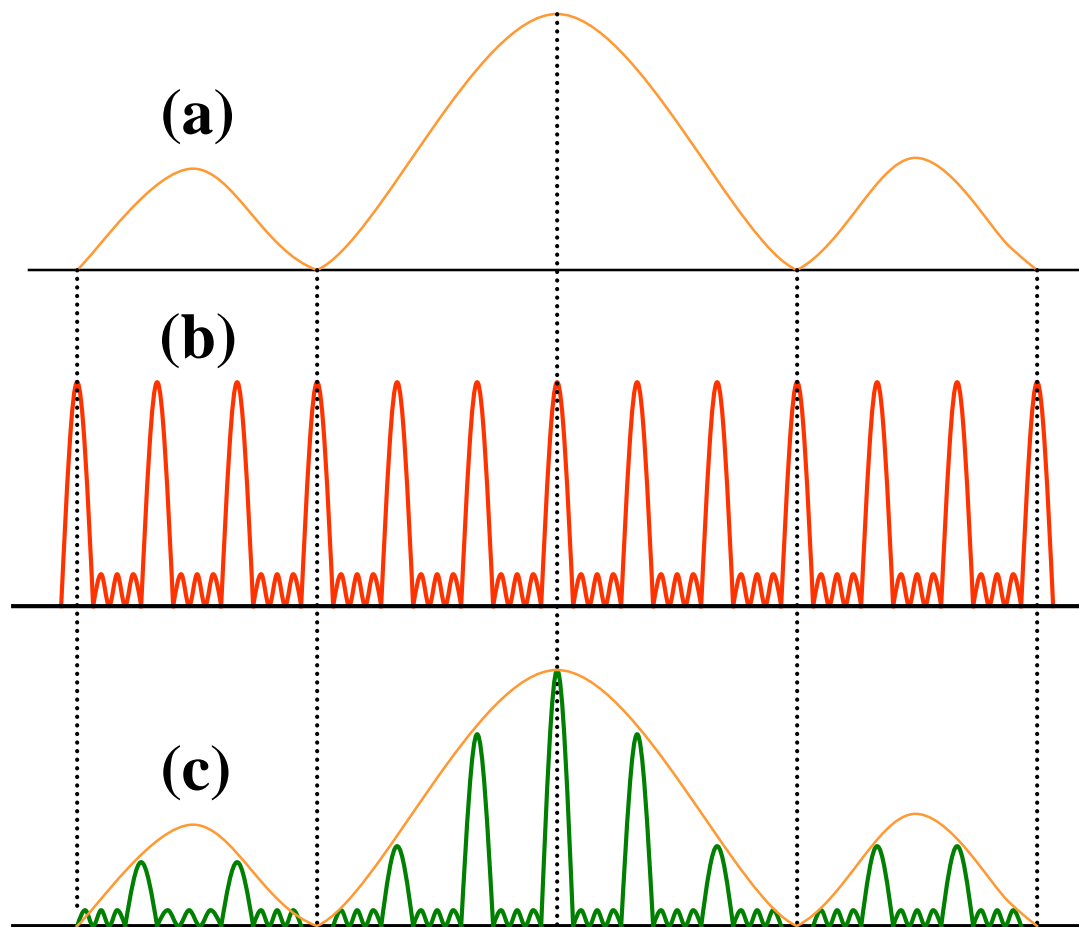
例  $\frac{b+b'}{b} = 4$ , 则

$k = \pm 4, \pm 8, \pm 12 \dots$   
缺级

$\frac{b+b'}{b} = \frac{3}{2}$ , 则

$k = \pm 3, \pm 6, \dots$   
缺级

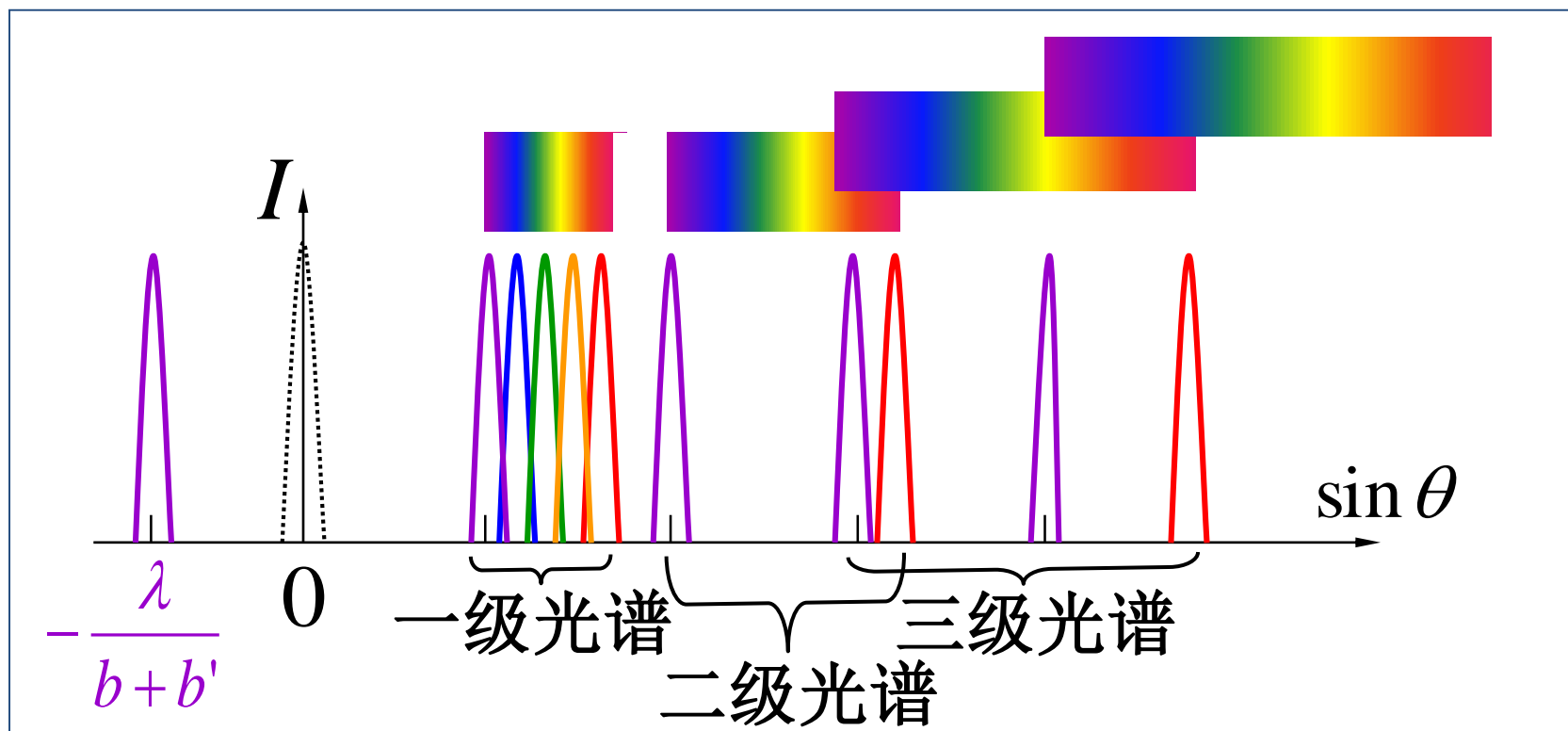
如图所示 ( $a, b, c$ )





### 三 衍射光谱

入射光为白光时，形成彩色光谱。





例如 二级光谱重叠部分光谱范围

$$\begin{cases} (b + b') \sin \theta = 3\lambda_{\text{紫}} \\ (b + b') \sin \theta = 2\lambda \end{cases}$$

$$\lambda = \frac{3}{2} \lambda_{\text{紫}} = 600 \text{ nm}$$

$$\lambda = 400 \sim 760 \text{ nm}$$

二级光谱重叠部分：

$$600 \sim 760 \text{ nm}$$



## ◆ 衍射光谱分类

连续光谱：炽热物体光谱

线状光谱：放电管中气体放电

带状光谱：分子光谱



## ◆ 光谱分析

由于不同元素（或化合物）各有自己特定的光谱，所以由谱线的成分，可分析出发光物质所含的元素或化合物；还可从谱线的强度定量分析出元素的含量。



**例1** 用白光垂直照射在每厘米有6500条刻痕的平面光栅上，求第三级光谱的张角。

**解**  $\lambda = 400 \sim 760 \text{ nm}$      $b + b' = 1 \text{ cm} / 6500$

**紫光**  $\sin \theta_1 = \frac{k\lambda_1}{b + b'} = \frac{3 \times 4 \times 10^{-5} \text{ cm}}{1 \text{ cm} / 6500} = 0.78$

$$\theta_1 = 51.26^\circ$$

**红光**  $\sin \theta_2 = \frac{k\lambda_2}{b + b'} = \frac{3 \times 7.6 \times 10^{-5} \text{ cm}}{1 \text{ cm} / 6500} = 1.48 > 1$

**不可见**





## 第三级光谱的张角

$$\Delta\theta = 90.00^\circ - 51.26^\circ = 38.74^\circ$$

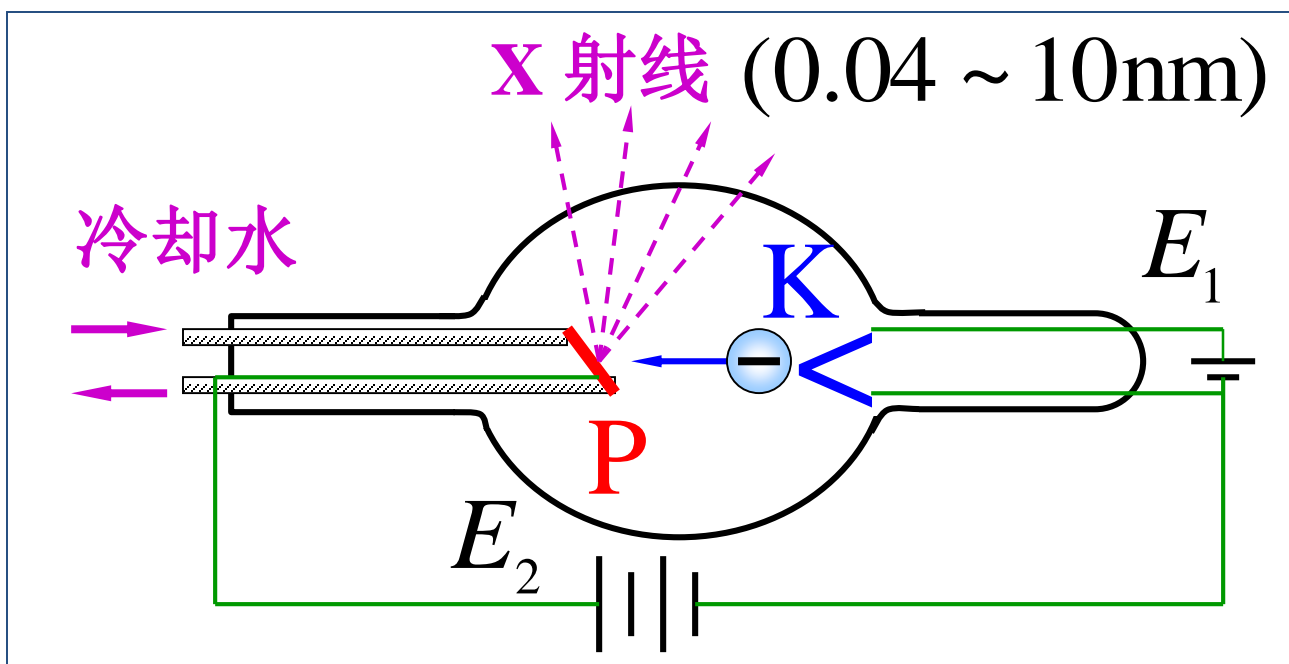
## 第三级光谱所能出现的最大波长

$$\lambda' = \frac{(b + b') \sin 90^\circ}{k} = \frac{b + b'}{3} = 513 \text{ nm}$$

绿光

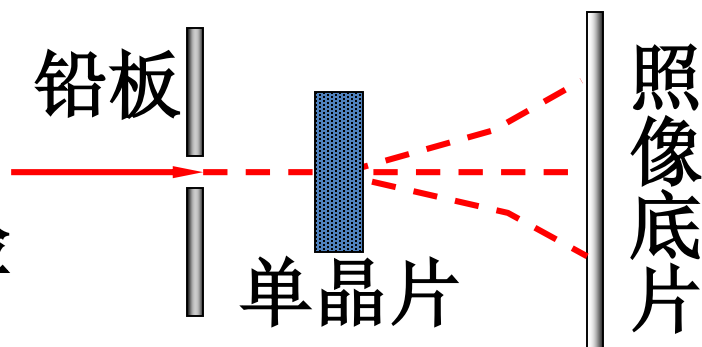
## 四 X 射线的衍射

1895年伦琴发现，受高速电子撞击的金属会发射一种穿透性很强的射线称 X 射线。

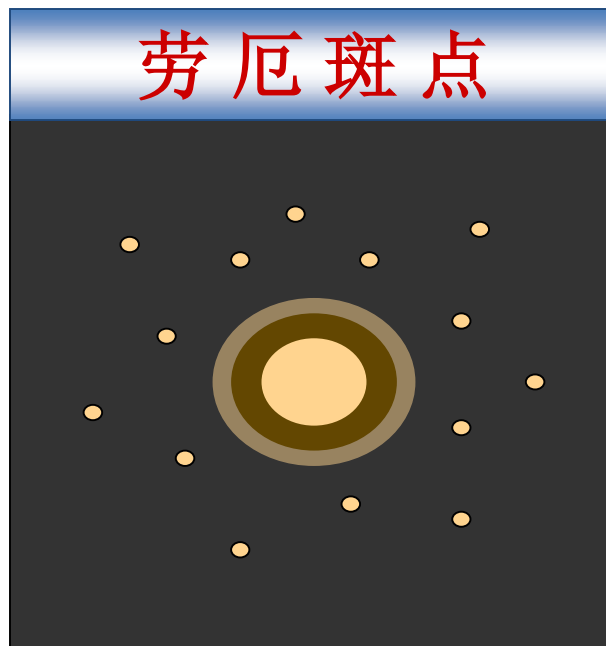




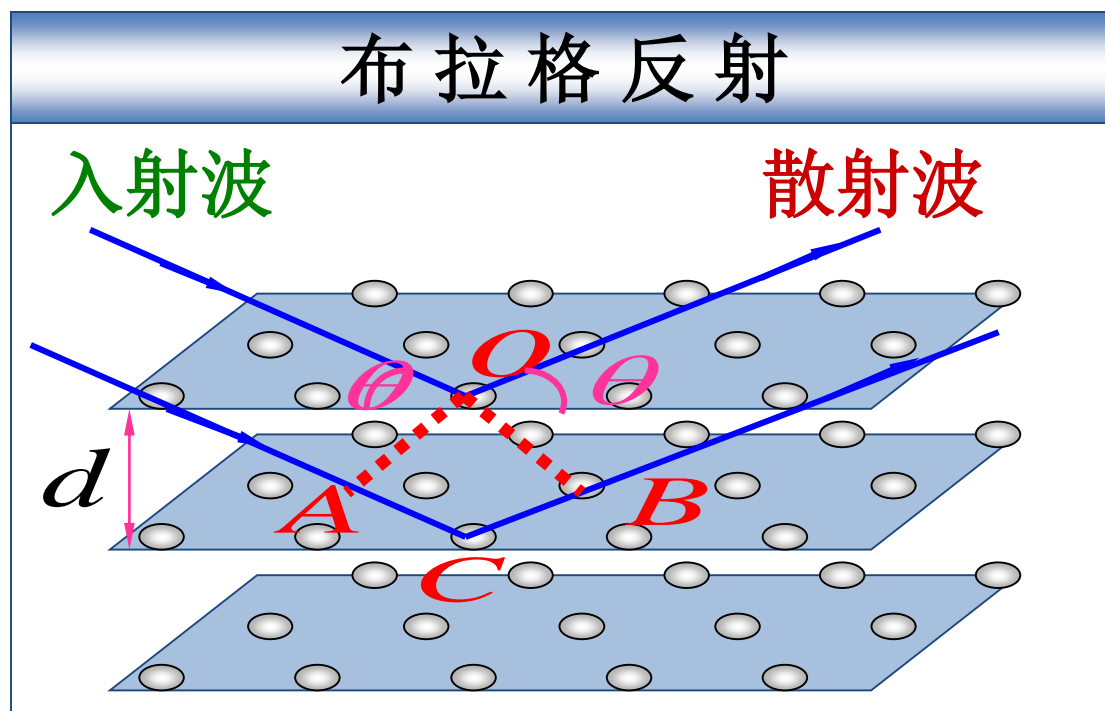
单晶片的衍射  
1912年劳厄实验



劳厄斑点



1913年英国**布拉格父子**提出了一种解释X射线衍射的方法，给出了定量结果，并于1915年荣获物理学诺贝尔奖。



晶格常数  $d$  掠射角  $\theta$ 

$$\Delta = AC + CB$$

$$= 2d \sin \theta$$

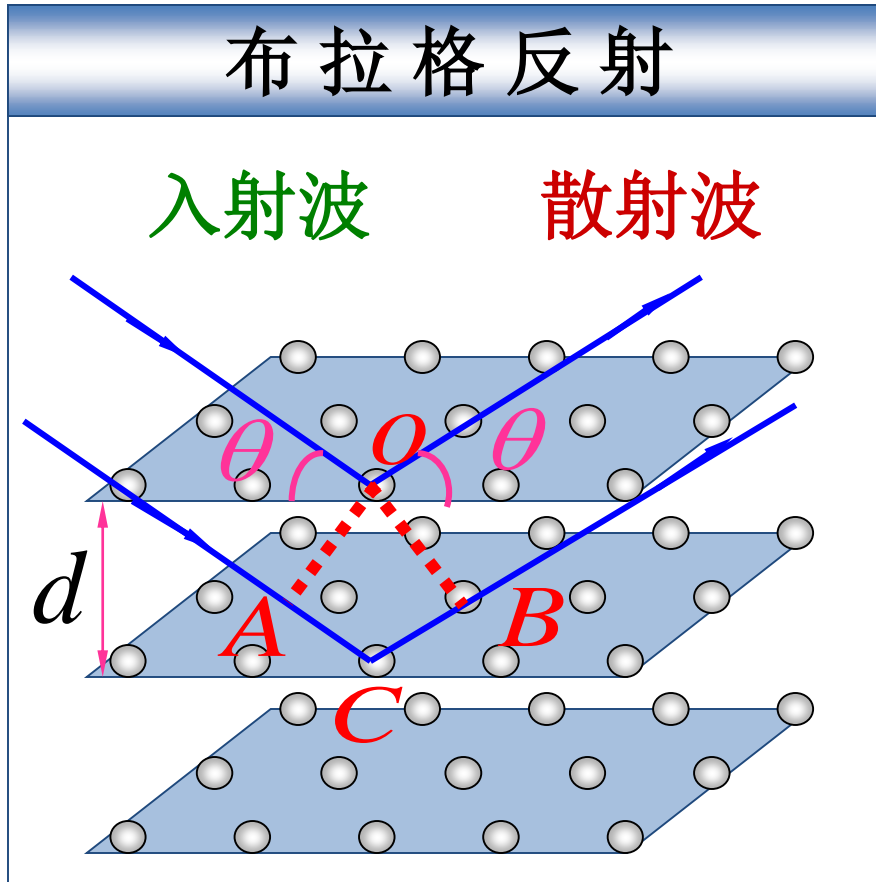
相邻两个晶面

反射的两X射线干涉加强的条件

◆ 布拉格公式

$$2d \sin \theta = k\lambda$$

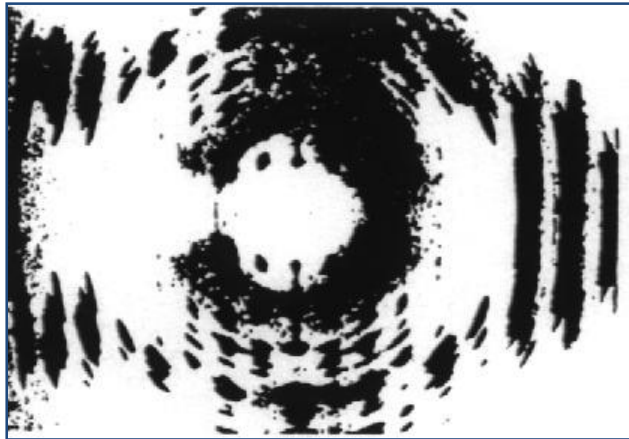
$$k = 0, 1, 2, \dots$$



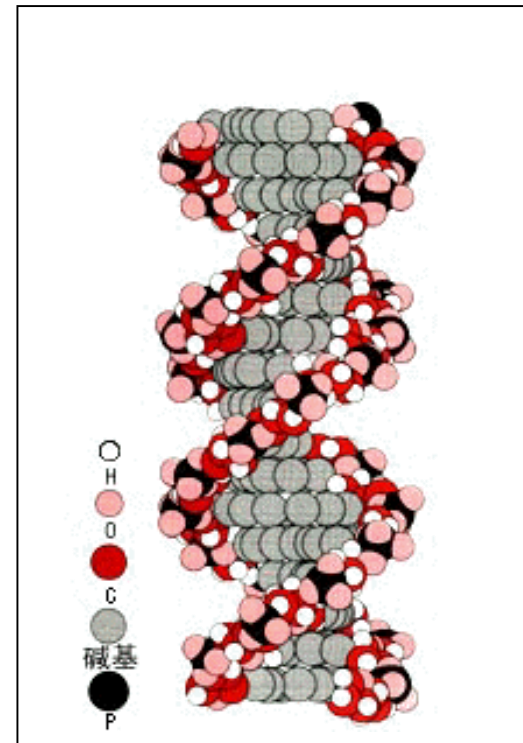


◆ 布拉格公式  $2d \sin \theta = k\lambda$   $k = 0, 1, 2, \dots$

**用途** 测量射线的波长研究X射线谱，进而研究原子结构；研究晶体的结构，进一步研究材料性能.例如对大分子 **DNA** 晶体的成千张的X射线衍射照片的分析，显示出DNA分子的双螺旋结构.



**DNA 晶体的  
X衍射照片**



**DNA 分子的  
双螺旋结构**

[www.37c.com.cn](http://www.37c.com.cn)